作業三—Hopfield 書面報告

1. 程式簡介

將程式分成訓練、回想、GUI 介面

(a) **Hopfield_training.py(訓練)**：設定一個物件名為 Hopfield_Train，在新增此物件時，需傳入訓練資料集及此訓練資料集的矩陣維度。為了方邊說明，設 N 為訓練資料矩陣的列數乘行數的值。在此物件中有兩個函式。第一個函式為 compute_weight，用來計算 Hopfield 的鍵結值。在此函式中會先初始化鍵結值為一方塊矩陣，行數和列數的值都是 N。除了初始化鍵結值外，也會設定一個大小為 N 乘 1 的 X 向量記錄訓練資料。在訓練時，迭代訓練資料的每一行，在每一次的迭代中，若資料為 1，則設 X 向量的相對應位置為 1，若資料為空白，則設 X 向量的相對應位置為-1。當迭代完其中一筆訓練資料後，將 X 乘以 X 的轉置向量，並將結果加入鍵結值中。最後回傳鍵結值。

第二個函式名為 regularize。在 regularize 中，以$W = \frac{1}{P}W - \frac{n}{P}I$（P 為 N，n 為訓練資料中訓練資料圖樣的個數）的方式，正規化鍵結值。另外也在此函式中設定 Hopfield 的θ為大小為 N 乘 1 的零向量。

(b) **Hopfield_testing.py(回想)**：設定一個物件名為 Hopfield_Test，在新增此物件時，需傳入測試資料集及訓練後的 Hopfield_Train 物件。此物件中又分為 3 個函式。第一個函式為 test_transform，此函式的目的是將資料以空白和 1 的表達方式分別轉成-1 和 1 來呈現，並將所有轉換後的圖樣記錄到一列表中。第二個函式為 train，此函式是用非同步的方式更新測試資料：迭代鍵結值中的每一列，將每一列乘上轉換後的測試資料，若相乘後的結果大於θ值，則將測試資料的相對應列設為 1，反之若小於θ值，將測試資料的相對應列設為-1，而若等於θ值，則不更新測試資料的數值。若更新後的測試資料和訓練資料一樣，或是更新次數達到設定的 epoch 值後，即停止迭代更新。第三個函式為 print_test，此函式是為了在 GUI 介面中呈現回想結果而設定的。在此函式中，將更新後的測試資料寫入名為"print_after.txt"的文字檔中。若測試資料為 1，則寫入 1，若資料不為 1，則寫入空白。當寫完一個測試圖樣後，也寫入一空白行分隔圖樣。

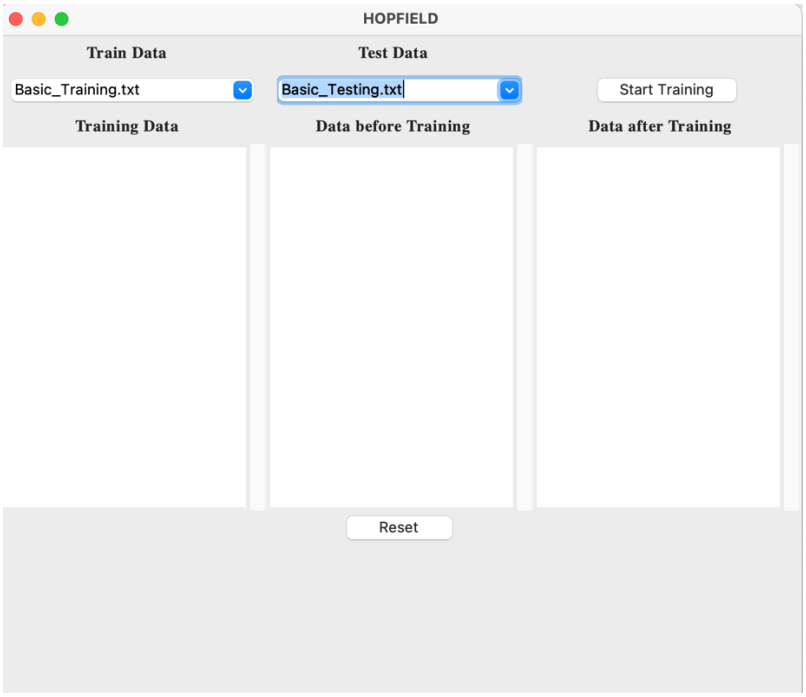
(c) **HopfieldTK.py(GUI 介面)**：此為控制 GUI 介面的檔案。在此 GUI 中會有兩個函式。第一個函式為 RESET，此函式為用來清空頁面中呈現圖像的文字欄。第二個函式為 train，此函式會抓取使用者選擇的訓練資料集和測試資料集。讀取訓練資料集和原始的測試資料集，寫入呈現兩資料集圖樣的文字欄中。再判斷使用者選擇的訓練資料集是"Basic_Training.txt"還是"Bonus_Training.txt"。若使用者選擇的是"Basic_Training.txt"，則新增一個訓練物件(Hopfield_Train)，傳遞參數的列數及行數分別為 12 和 9；若使用者選擇的是"Bonus_Training.txt"，則也則新增一個訓練物件(Hopfield_Train)，傳遞參數的列數及行數都為 10。除了訓練資料集外，也要判斷使用者選擇

哪一個資料集當作測試資料集。新增一個 Hopfield_test 物件，傳入測試資料集和對應的 Hopfield_train 後，開始進行回想。回想後，透過在 Hopfield_testing 產生的”print_after.txt”，將回想後的結果寫入回想後的文字欄裡。

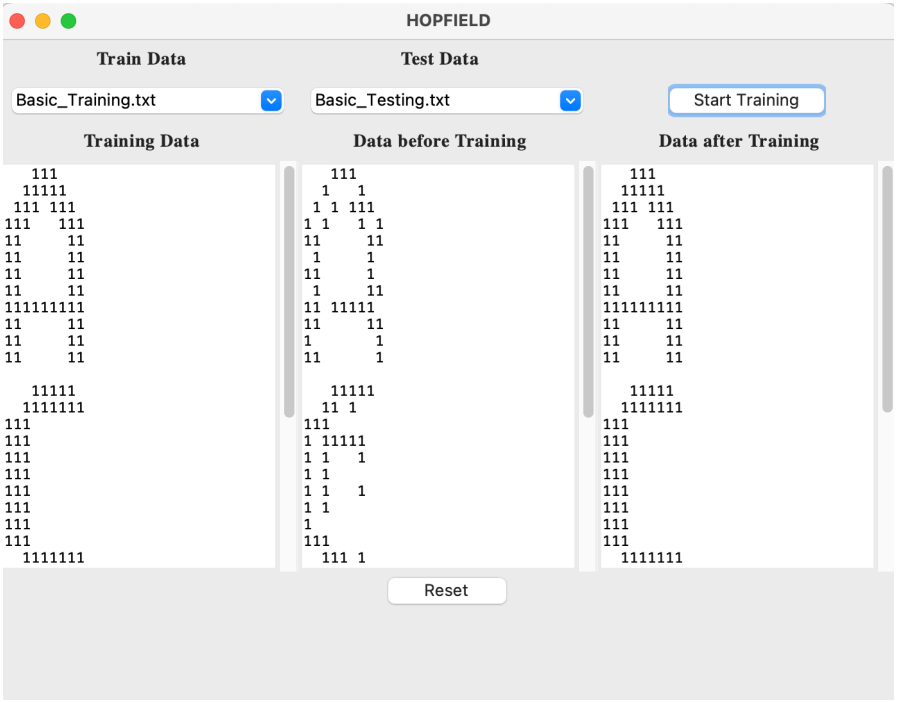
(d) **change.py(訓練資料加入雜訊(加分項目))：**此為將訓練資料加入雜訊的檔案。先讀取要加入雜訊的訓練資料，再利用一個迴圈取得訓練資料的維度。在迭代每一行的訓練資料中，隨機產生 1 或 0(1 代表加入雜訊，0 代表不加入雜訊)，產生 1 的機率為 0.25，產生 0 的機率為 0.75。若原始訓練資料為空白，隨機產生的數為 0，或原始資料為 1，隨機產生的數為 1，則將訓練資料轉換成-1；反之若訓練資料為空白，隨機產生的數為 1，或訓練資料為 1，隨機產生的數為 0，則將訓練資料轉成 1。當加入雜訊到一個圖樣後，就將此圖樣加入一個列表中。最後全部圖樣都加入雜訊後，開始迭代儲存雜訊圖樣的列表，並以一個空字串開始，若雜訊圖樣的元素為 1，則將字串加入 1，反之則加入空白。當每迭代一個圖樣，就將此字串加入空行，分隔圖樣。最後若是要將”Basic_Training.txt”加入雜訊，則將此字串寫入一名為”Basic_Change_Testing.txt”檔；若是要將”Bonus_Training.txt”加入雜訊，則將此字串寫入一名為”Bonus_Change_Testing.txt”檔。

2. 程式執行說明

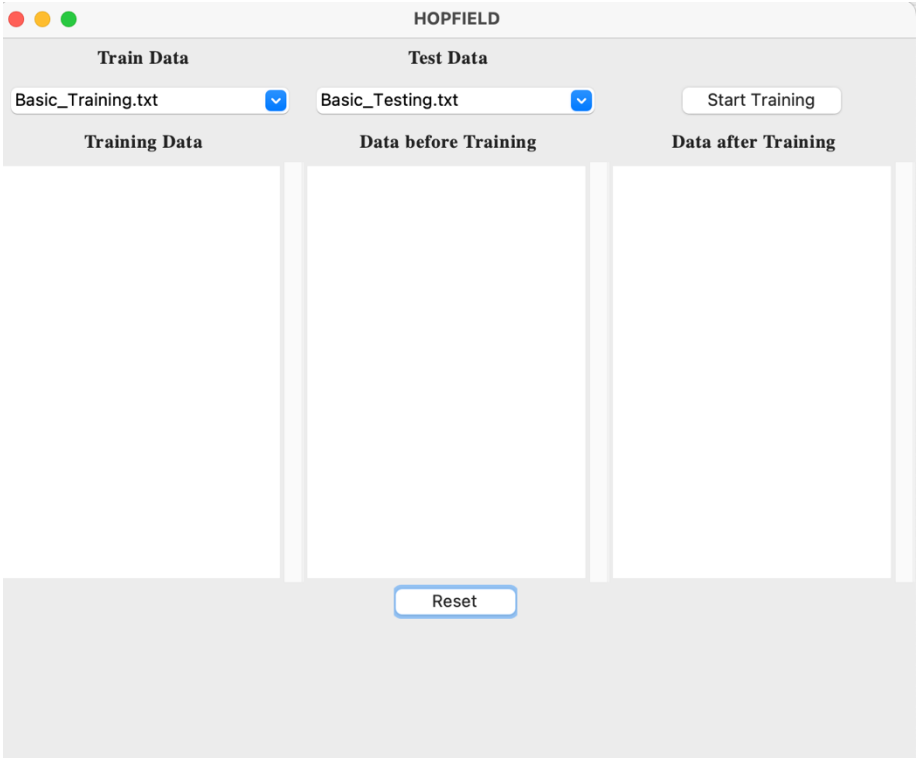
在 GUI 介面中，會有兩個 combo box，使用者可以選擇訓練資料集和測試資料集。若選擇”Basic_Training.txt”當作訓練資料集，使用者就只能選擇”Basic_Testing.txt”和已經先加入雜訊的訓練資料集”Basic_Change_Testing.txt”當作測試資料集；若選擇”Bonus_Training.txt”當作訓練資料集，使用者就只能選擇”Bonus_Testing.txt”和已經先加入雜訊的訓練資料集”Bonus_Change_Testing.txt”當作測試資料集。



按下”Start Training”按鈕後，就可以開始訓練，並進行回想。回想後，左邊的文字欄(Training Data)會印出訓練資料集的圖樣，中間的文字欄(Data before Training)會印出測試資料集回想前的圖樣，右邊的文字欄(Data after Training)會印出測試資料集回想後的圖樣。



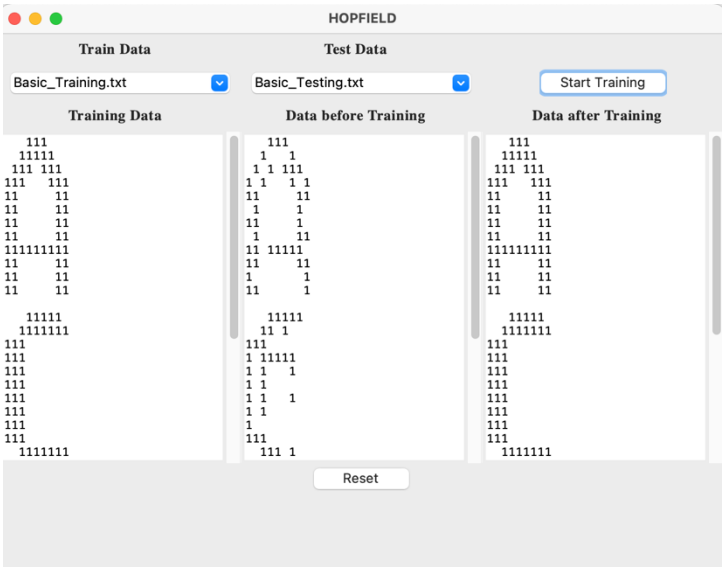
按下 Reset 按鈕後，會將三個文字欄清空，使用者就可以再重新選擇訓練資料集和測試資料集進行訓練及回想。

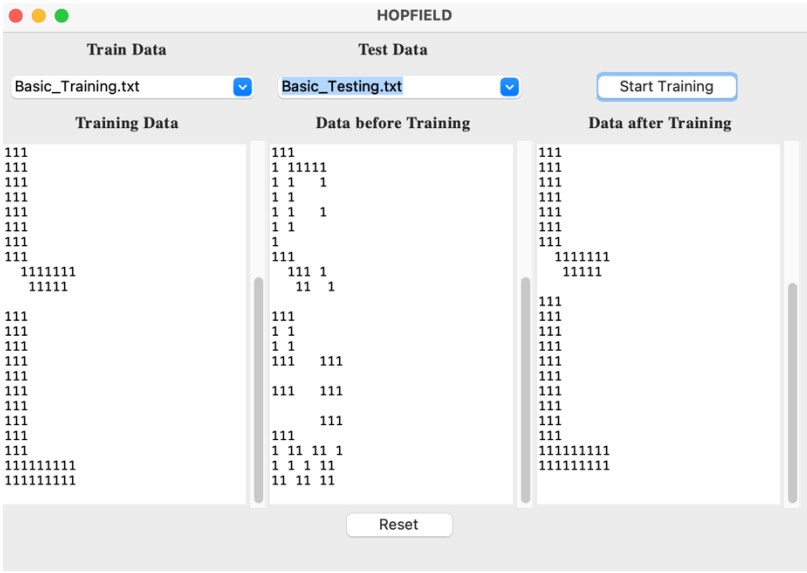


3. 實驗結果

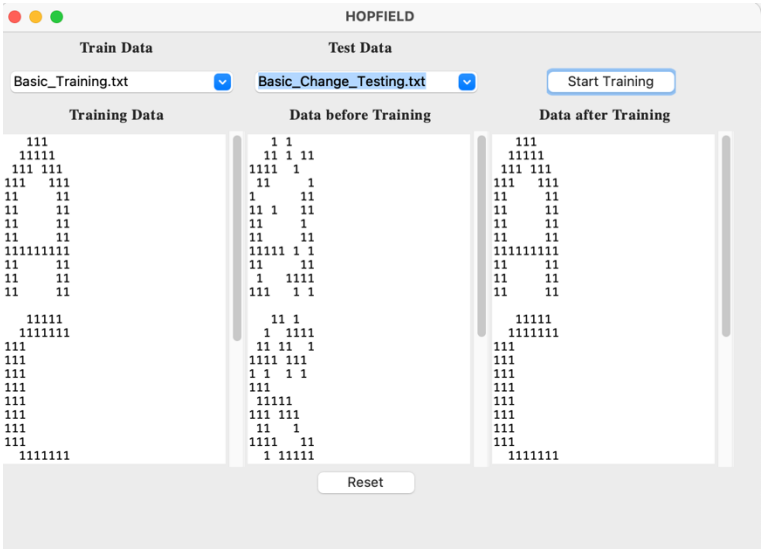
基本題(Basic_Testing.txt)、基本題的訓練資料加入雜訊當作測試資料(Basic_Change_Testing.txt)、加分題(Bonus_Testing.txt)、加分題的訓練資料加入雜訊當作測試資料(Bonus_Change_Testing.txt)都可以回想成功：

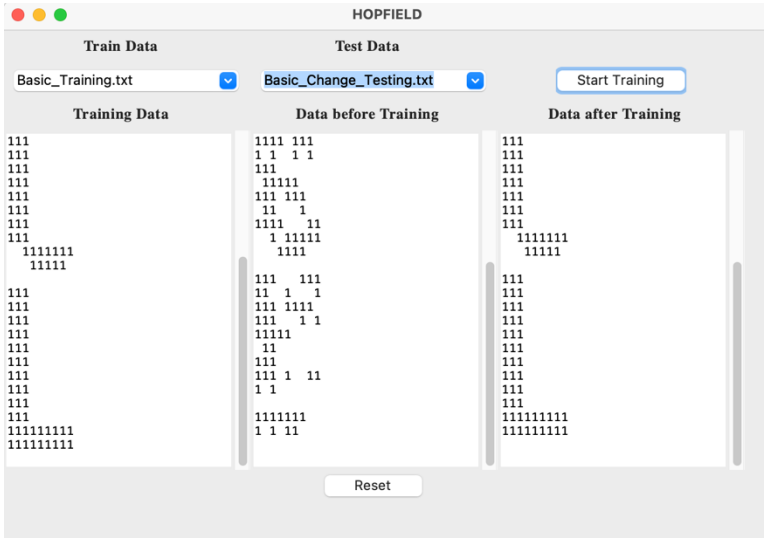
(a) Basic_Testing.txt



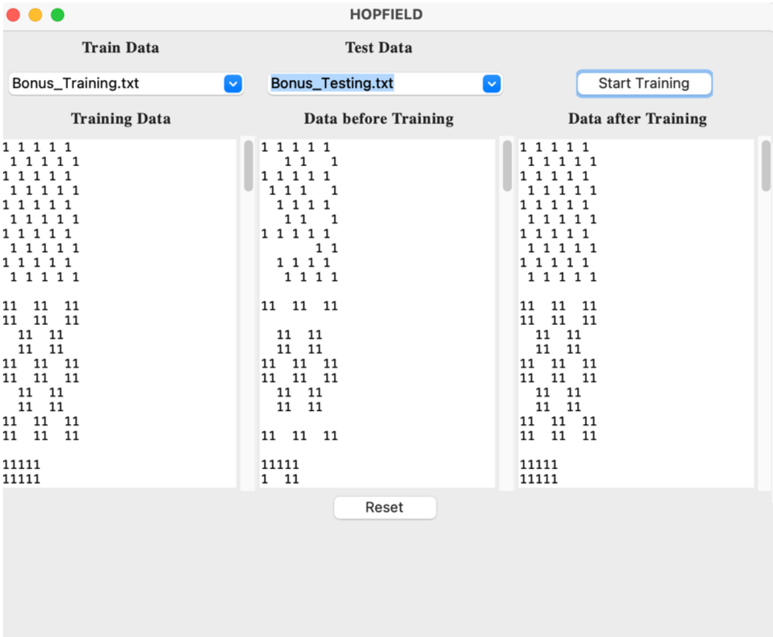


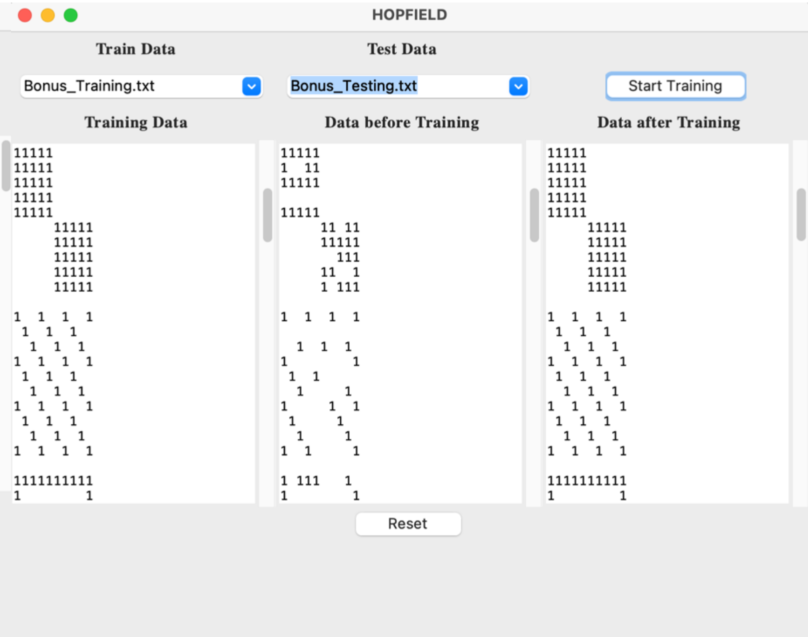
(b) Basic_Change_Testing.txt(加分)

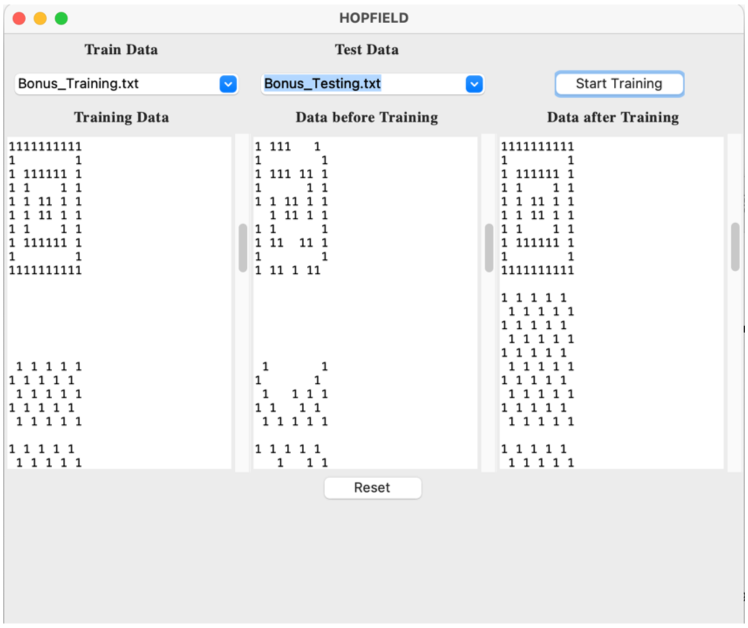


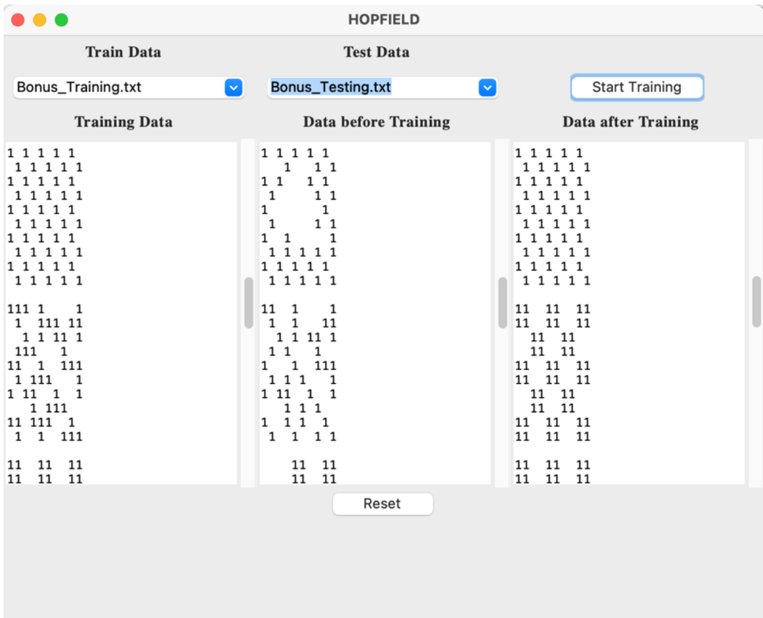


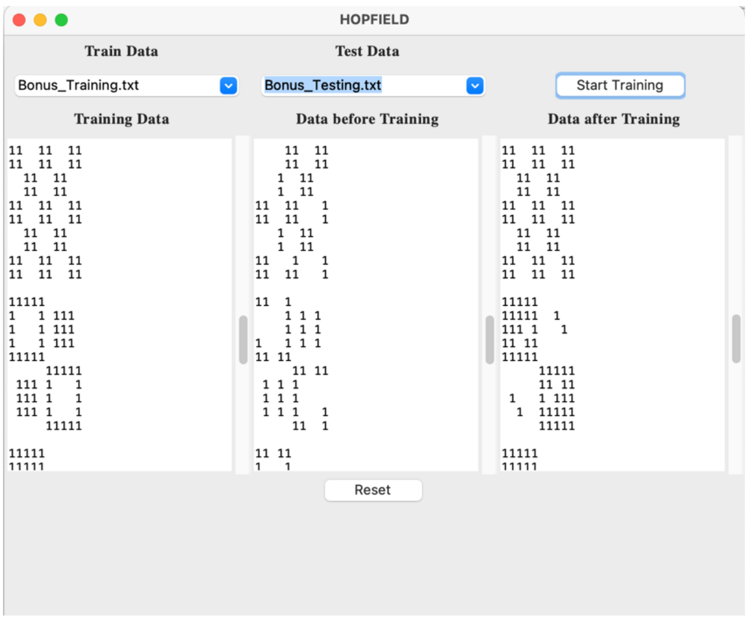
(c) Bonus_Testing.txt(加分)

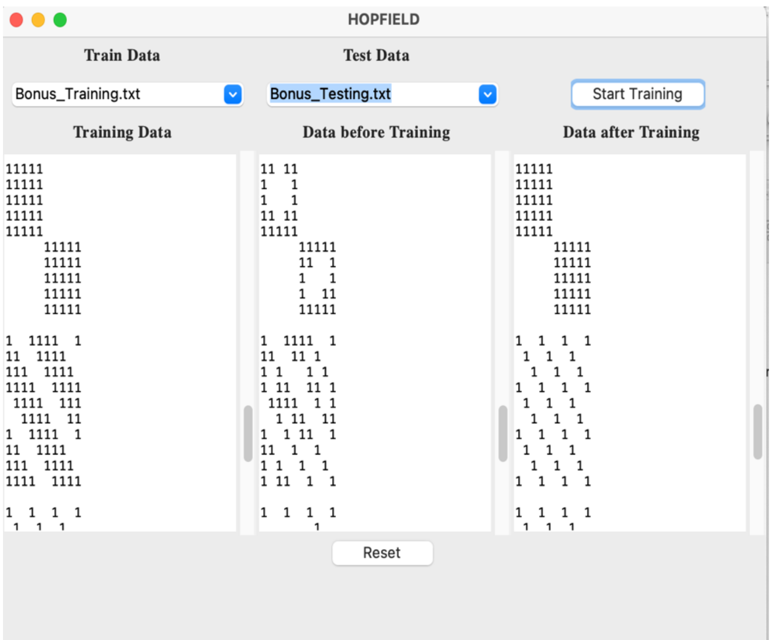


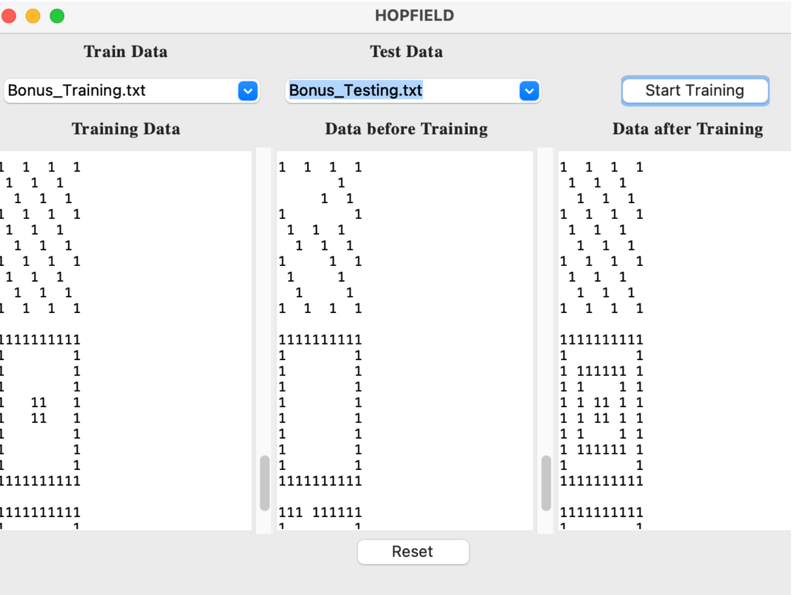


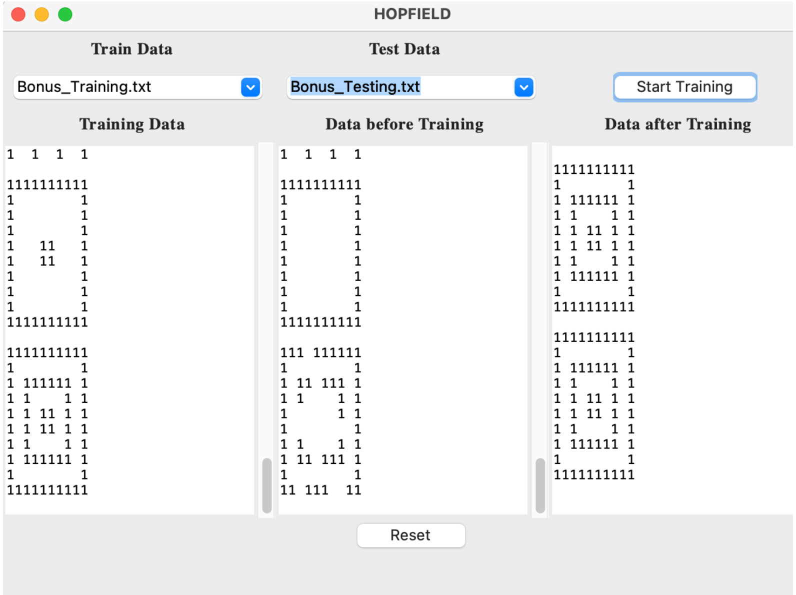




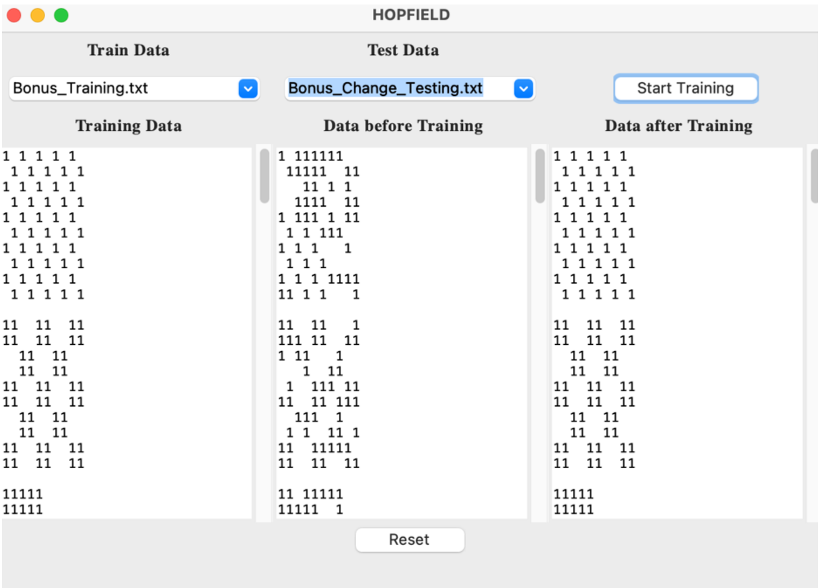


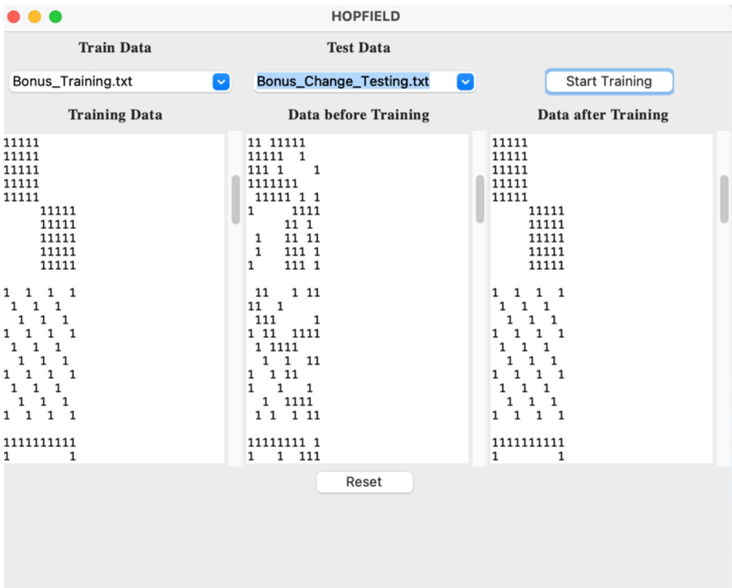


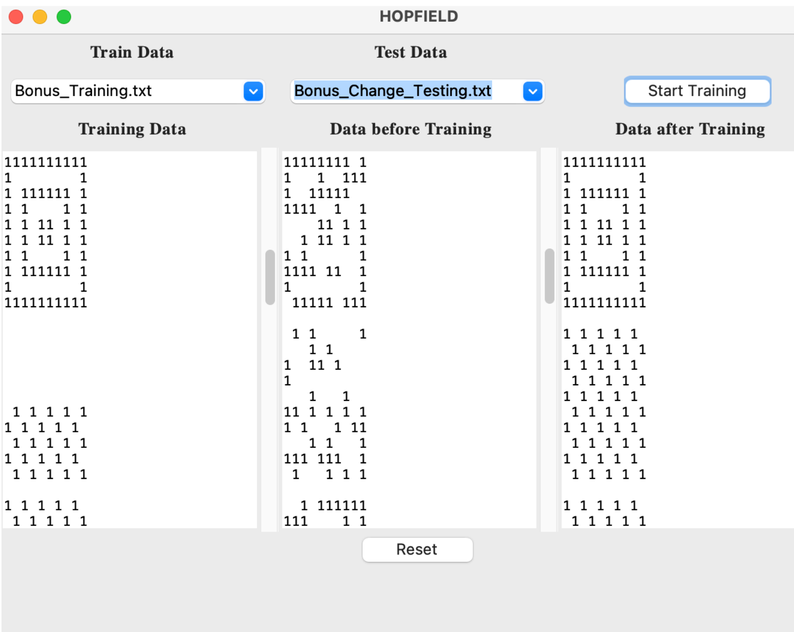


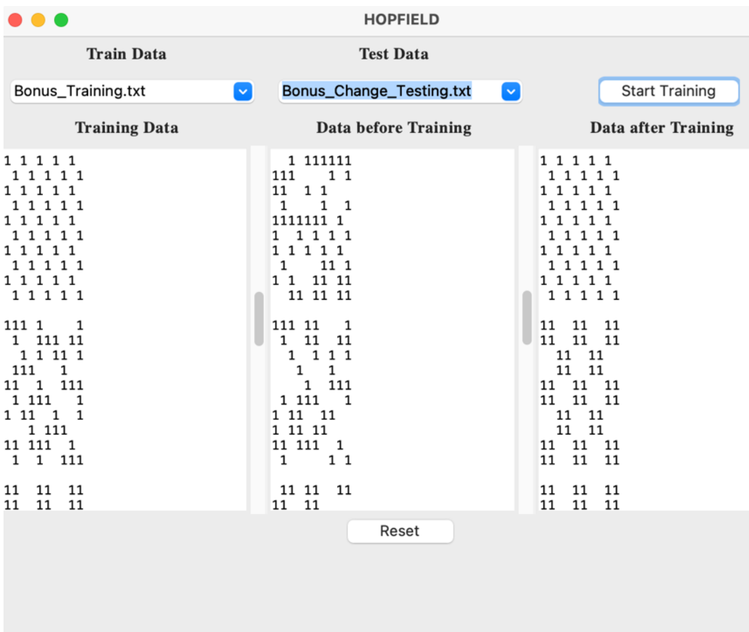


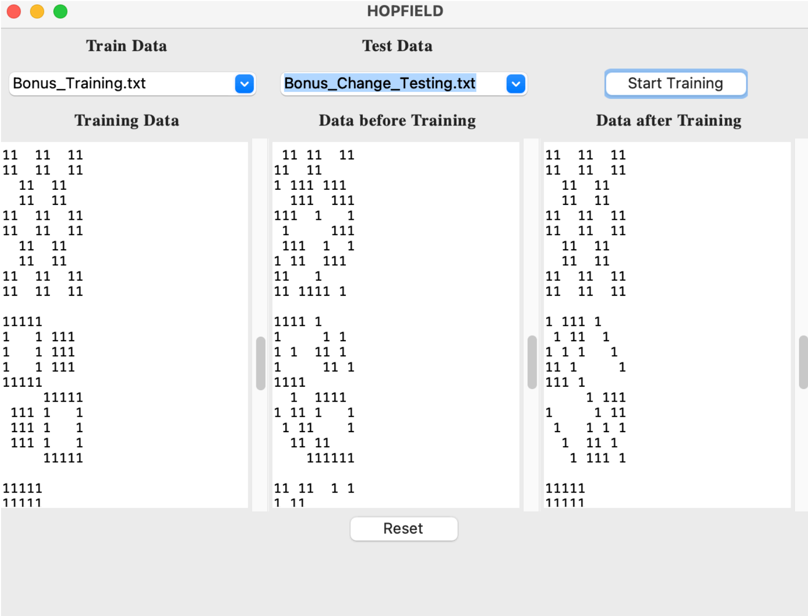
(d) Bonus_Change_Testing.txt(加分)

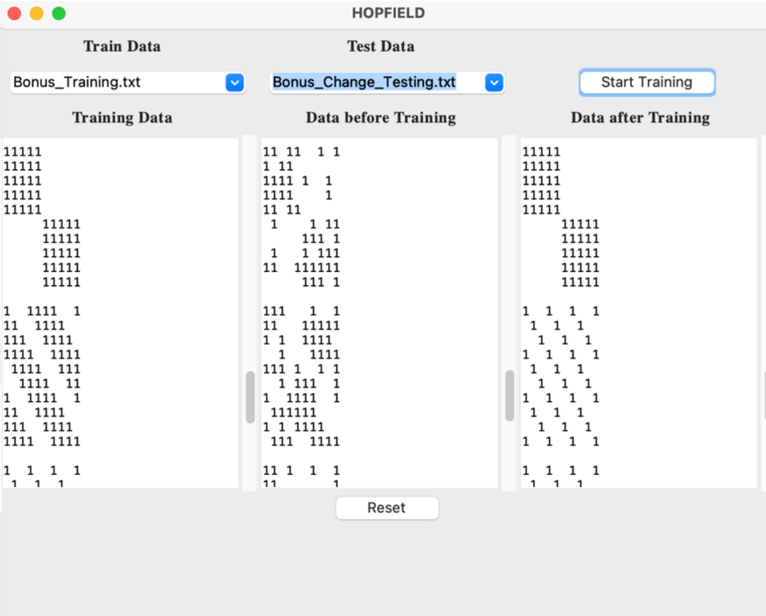


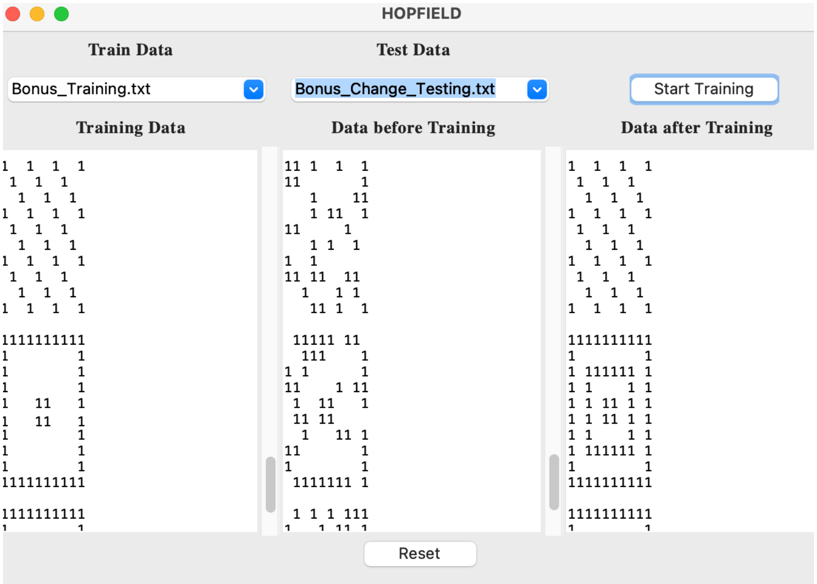


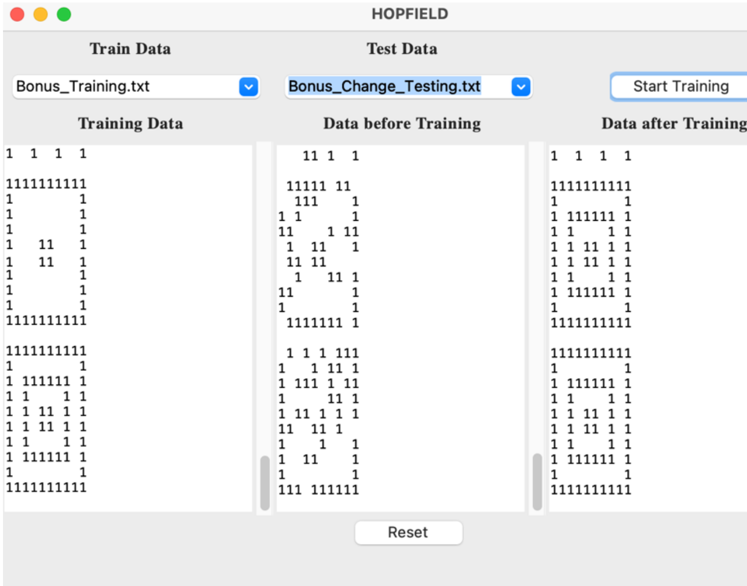












4. 實驗結果分析及討論

(a) 根據 3-實驗結果可知，基本題的測試資料(Basic_Testing.txt)中所有圖樣經過一次迭代的非同步更新後，都可以回想正確。

(b) 根據 3-實驗結果可知，基本題的訓練資料加入雜訊後作為測試資料(Basic_Change_Testing.txt) 中所有圖樣經過一次迭代的非同步更新後，都可以回想正確。

(c) 加分題的測試資料(Bonus_Testing.txt)和加分題的訓練資料加入雜訊後作為測試資料(Bonus_Change_Testing.txt)：都只有部分圖樣能回想正確。推測應該是因為在訓練資料集中有些圖是有互相包含關係的。這樣會導致網路不知道要收斂誰。

(d) 基本題的圖樣都不互相包含，加分題的圖樣有些互相包含。所以我想這可以推論出，Hopfield 只能回想不互相包含的圖樣，對於記憶的圖樣有所限制。

5. 實作問題

一開始我將圖片中的空白轉為 0，1 轉為 1，但是在回想基本題的時候一直沒辦法回想成功。後來我將空白轉為-1，1 轉為 1 後，才能回想成功。

原本以為實作 Hopfield 的方法只有一種：藉由訓練資料得到鍵結值、利用鍵結值結合測試資料並和訓練資料做比較，再更新測試資料。但是在實作加分題時，發現加分題的訓練資料集中，有些圖是有互相包含關係的。這樣會導致網路不知道要收斂誰，沒辦法回想正確。但是我在網路上沒找到 Hopfield 可能的變形方法，所以加分題只有部分圖樣回想成功。

原本想自己做數字圖樣的訓練資料和測試資料，但是在執行程式的時候一直出錯。在 debug 的時候發現是因為資料裡有多的空格。但是我把空格都刪掉之後還是會出現一樣的錯。最後嘗試了很久都沒辦法成功，所以就只先回想助教提供的資料集。

一開始，我是用 wxPython 做 GUI 介面，但我發現在上傳圖樣到 GUI 上時，圖樣的格式會跑掉。所以我後來又再設計一個介面，但這個介面改用 tkinter 寫，這樣圖樣的格式就不會跑掉。而因為換了一個工具實作 GUI，所以當時也花了不少時間研究 tkinter 的使用方法。